



12

Gebrauchsmuster

U 1

- (11) Rollennummer G 94 09 744.5
- (51) Hauptklasse G03F 7/20
Nebenklasse(n) G02B 19/00
- (22) Anmeldetag 17.06.94
- (47) Eintragungstag 15.09.94
- (43) Bekanntmachung
im Patentblatt 27.10.94
- (30) Pr1 13.12.93 DE 43 42 424.4
- (54) Bezeichnung des Gegenstandes
Beleuchtungseinrichtung für ein optisches System
mit einem Reticle-Markierungssystem
- (73) Name und Wohnsitz des Inhabers
Fa. Carl Zeiss, 89520 Heidenheim, DE

18.08.94

Beschreibung:

94039 G

Beleuchtungseinrichtung für ein optisches System mit einem
Reticle-Maskierungssystem

Anmeldegegenstand ist eine Beleuchtungseinrichtung für ein optisches System, insbesondere eine mikrolithographische Projektions-Belichtungsanlage mit einem Reticle-Maskierungssystem.

Mit einer Projektions-Belichtungsanlage können unterschiedliche Mikrochips hergestellt werden, wobei sich die Formate der Masken auf dem Reticle unterscheiden können. Es ist daher notwendig, eine variable exakte Begrenzung des Beleuchtungsflecks auf dem Reticle vorzusehen, da sonst Belichtungsfehler auftreten. Anordnungen möglichst nahe am Reticle behindern dessen Handhabung und können die Anforderungen an die Kantensteilheit der Blendenwirkung, wie sie für hoch aufgelöste Strukturen gestellt sind, nicht erfüllen. Bekannt ist es daher, im Beleuchtungsstrahlengang eine zusätzliche Zwischen-Feldebene zu schaffen, in der das Reticle-Masking-System exakt positioniert werden kann. Die dafür nötigen zusätzlichen Linsen erfordern bei den gegebenen Forderungen hinsichtlich Bildfeld, Apertur, Homogenität und Achromasie einen hohen Aufwand und zusätzlichen Bauraum.

EP 0 297 161 A1 gibt für eine Projektions-Belichtungsanlage mit Lichtleiter-Glasstab im Beleuchtungs-Strahlengang an, daß nach dem Glasstab ein Verlaufsfilter angebracht werden kann. Dies dient offenbar der weiteren Homogenisierung, nicht der Abblendung.

Aufgabe ist es daher, ein Reticle-Maskierungs-System mit hoher Güte und geringem Mehraufwand zu schaffen.

Dies gelingt für eine gattungsgemäße Beleuchtungsanordnung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1, wonach ein Glasstab zur Lichtintegration vorgesehen ist und das Reticle-

9409744

13.05.94

Maskierungs-System am Austrittsende des Glasstabs angeordnet ist. Bei gattungsgemäßen Beleuchtungsanordnungen sind Wabenkondensoren zur Homogenisierung der Lichtverteilung üblich. Alternativ kann ein Glasstab diese Funktion übernehmen. Es wird nun davon Gebrauch gemacht, daß an dessen Austrittsende eine für die Reticle-Maskierung geeignete Zwischen-Feldebene vorhanden ist. Zusätzliche Maßnahmen zur Erzeugung einer Zwischen-Feldebene sind also nicht erforderlich.

Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche. Die Gegenstände der Ansprüche 2, 3 und 13 bis 19 sind auch in der Patentanmeldung "Beleuchtungseinrichtung" vom gleichen Anmeldetag, Anmelder und Erfinder beschrieben.

Die Gegenstände der Ansprüche 4 bis 12 sind auch in der Patentanmeldung DE 43 42 424 vom 13.12.1993, deren Priorität beansprucht wird, beschrieben. Die Offenbarungen dieser beiden Anmeldungen sind auch Teil dieser Anmeldung.

Zur näheren Beschreibung dient die Zeichnung.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Ausführungsform mit Zoom-Axicon;

Fig. 2a zeigt schematisch eine Ausführungsform mit verstellbarer Spiegelanordnung zur Wahl der Beleuchtungsart in seitlicher Darstellung;

Fig. 2b zeigt das gleiche in Aufsicht.

Fig. 1 ist auch in oben genannter gleichzeitiger Patentanmeldung enthalten und beschrieben.

Figur 1 zeigt ein Beispiel einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung für die Projektions-Lithographie bei Auflösungen bis unterhalb 1 μm , z.B. für die Herstellung integrierter Schaltkreise.

9409744

18.06.94

Eine Lampe (1), eine Quecksilber-Kurzbogenlampe für die i-Linie von 365 nm Wellenlänge, ist im einen Brennpunkt eines elliptischen Spiegels (12) angeordnet, der das emittierte Licht im zweiten Brennpunkt (121) sammelt.

Abweichend von der Regel ist der Verschluß (13) außerhalb des Brennpunktes (121) angeordnet, und zwar ist der Abstand zum Scheitel des elliptischen Spiegels (12) etwa 5% bis 20%, vorzugsweise 10%, größer als der Abstand des Brennpunktes (121) zum Scheitel. Dadurch wird erreicht, daß die hier gebildete sekundäre Lichtquelle homogener wird und die partiell kohärente Wirkung der Beleuchtung auf die optische Abbildung verbessert wird. Ein extra Misch-System zu diesem Zweck kann damit eingespart werden. Diese Maßnahme ist auch bei einer sonst konventionellen Beleuchtungseinrichtung sinnvoll.

Alternativ ist auch ein UV-Laser als Lichtquelle sinnvoll.

Das folgende Objektiv (2) besteht aus einer ersten Linsengruppe (21), dem konkaven ersten Axicon (22), dem konvexen zweiten Axicon (23) und einer zweiten Linsengruppe (24). Stellmittel (231) und (241) erlauben die axiale Verschiebung eines Axicons (23) und eines Elements der zweiten Linsengruppe (24). Damit kann sowohl der Abstand der Axicons (22, 23) untereinander verstellt werden und somit der Ringfeldcharakter verändert werden, als auch eine Zoom-Wirkung zur Veränderung des ausgeleuchteten Pupillendurchmessers, also des Kohärenzgrads (σ), erreicht werden.

Nach der Pupillenzwischenebene (3) folgt ein zweites Objektiv (4), mit dem das Licht in den Glasstab (5) von ca. 0,5 m Länge eingekoppelt wird. Der Ausgang des Glasstabs (5) ist eine Zwischen-Feldebene, in der ein Maskierungssystem (51) angeordnet ist, das anstelle konventioneller REMA- (reticle masking) Systeme eingesetzt wird. Die sonst übliche Schaffung einer zusätzlichen Zwischen-Feldebene für das REMA-System mit aufwendigen Linsengruppen wird eingespart.

940974

18.06.94

Die Ausbildung des Reticle-Maskierungs-Systems (51) entspricht ansonsten den üblichen feinmechanischen Ausführungen. Es ist jedoch darauf zu achten, daß die Begrenzungslinien exakt in einer Ebene verlaufen. Vorteilhaft ist eine Ausbildung mit symmetrisch zur optischen Achse schräg stehenden Blendenschneiden, da so Reflexe von deren Flächen wirksam aus dem Strahlengang der Beleuchtungseinrichtung entfernt werden können.

Das folgende Objektiv (6) bildet die Zwischen-Feldebene mit dem Maskierungssystem (51) auf das Reticle (7) (Maske, Lithographievorlage) ab und enthält eine erste Linsengruppe (61), eine Pupillen-Zwischenebene (62), in die Filter oder Blenden eingebracht werden können, zweite und dritte Linsengruppen (63 und 65) und dazwischen einen Umlenkspiegel (64), der es ermöglicht, die große Beleuchtungseinrichtung (ca. 3 m Länge) horizontal einzubauen und dabei das Reticle (7) waagrecht zu lagern.

In Figur 2a und in Figur 2b ist eine Quecksilber-Kurzbogenlampe als Lichtquelle (1') dargestellt, von deren Lichtfluß vier Kollektoren (21'-24') jeweils einen großen Raumwinkelbereich erfassen, so daß ein Großteil des Lichts den vier Lichtleitern (31'-34') zugeführt wird. Die Lichtleiter (31'-34') sind als Querschnittswandler ausgebildet, deren Austrittsflächen ringsegmentförmig sind. Zur weitgehenden Homogenisierung der Lichtintensität über die Austrittsflächen sind die Lichtleiter (31'-34') z.B. aus statistisch durchmischten Einzelfasern zusammengesetzt. Auch kann ihr Eingangsquerschnitt an die Lichtverteilung angepaßt sein.

Alternativ kann die Beleuchtung der Lichtleiter (31'-34') auch durch einen Laser mit Strahlaufweitungsoptik und Pyramidenspiegel als geometrischem Strahlteiler realisiert werden. Der Laser ist dann z.B. ein im UV emittierender Excimer-Laser.

9409744

13.05.94

An die Austrittsflächen der vier Lichtleiter (31'-34') schließen sich je eine Einheit aus einer Relaisoptik (41'-44'), einem ersten Umlenkspiegel (511'-514') und einem zweiten Umlenkspiegel (521'-524') an. Diese Einheiten einschließlich der verbundenen Enden der flexibel ausgeführten Lichtleiter (31'-34') sind durch Stellantriebe (541'-544') jeweils radial und azimuthal verstellbar bzw. scanbar. Eine Steuerung (100') kontrolliert die Stellantriebe (541'-544').

Über den Einkoppelspiegel (6') wird das von den vier Umlenkspiegeln (521'-524') kommende Licht auf die Eintrittsfläche (71') eines Glasstabs (7') abgebildet. Diese Eintrittsfläche (71') liegt in einer Pupillenebene P der Beleuchtungsanordnung und jede der vier Einheiten kann je nach Stellung der Stellantriebe (541'-544') jeweils Teile eines Quadranten dieser Eintrittsfläche ausleuchten. Die vier von den Kollektoren (21'-24') erfaßten Lichtströme werden also hier geometrisch zusammengesetzt zu einer effektiven sekundären Lichtquelle.

Bei der Austrittsfläche (72') des Glasstabes (7') befindet sich eine Feldebene F, in der erfindungsgemäß ein Reticle-Masking-System (8'), also eine verstellbare Blende, angeordnet ist. Mit dem Stellmittel (81') wird das Reticle-Masking-System (REMA) bedarfsgemäß verstellt.

Das Reticle-Masking-System (8') an dieser Stelle erspart gegenüber bekannten Lösungen den Aufwand für die Bereitstellung einer zusätzlichen Feldebene nur für das Reticle-Masking-System.

Das folgende Zwischenabbildungssystem (9') ist ein Objektiv mit einer Pupillenebene P (93'), davor dem Inter-Masking-System (91') und danach einer symbolisch dargestellten Strahlumlenkung (93'), bestehend aus einem Planspiegel, welcher in bekannter Weise einen kompakteren Gesamtaufbau ermöglicht. Es folgt das zu beleuchtende Reticle (10) in der Feldebene F.

04.09.74

19.05.94

In der Anmeldung DE-P 43 42 424 sind diese Figuren 2a und 2b
enthalten und beschrieben.

Das folgende Projektionsobjektiv und der zu belichtende Wafer
sind bekannt und nicht dargestellt.

9409744

18.05.94

Ansprüche:

1. Beleuchtungseinrichtung für ein optisches System, insbesondere eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, mit einem Reticle-Maskierungs-System (51), dadurch gekennzeichnet, daß ein Glasstab (5) zur Lichtintegration vorgesehen ist und das Reticle-Maskierungs-System (51) am Austrittsende des Glasstabs (5) angeordnet ist.
2. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Lichtquelle (1) und Glasstab (5) ein Objektiv (2) mit Axicon (24) angeordnet ist.
3. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 2 mit zwei Axicons (22, 23), dadurch gekennzeichnet, daß durch Verstellen des Abstands der beiden Axicons (21, 23) stufenlos sowohl konventionelle Beleuchtung als auch Ringfeld- oder Multipolbeleuchtung verschiedener Geometrie eingestellt werden können.
4. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Lichtquelle (1') und Glasstab (7') eine Anordnung vorgesehen ist für die wahlweise Bereitstellung verschiedener Beleuchtungsarten einschließlich konventioneller Beleuchtung mit einstellbarem Kohärenzfaktor (σ), Ringfeldbeleuchtung und symmetrischer schiefer Beleuchtung aus zwei oder vier Richtungen
 - mit Mitteln (21'-24') zum getrennten Erfassen von Lichtflüssen aus zwei oder vier Raumwinkelbereichen des von der Lichtquelle (1') emittierten Lichtflusses,
 - mit Mitteln (31'-34') zum Formen oder Ausblenden der erfaßten Lichtflüsse,
 - mit einer Spiegelanordnung (511'-514', 521'-524', 531', 533'; 6') zur Abbildung der Lichtflüsse auf Sektoren einer Pupillenebene (93'), die konjugiert

04.09.94

18.05.94

zur Reticleebene für das abzubildende Reticle (10') ist,

- mit Verstellmitteln (541'-544') derart, daß die Bilder der Lichtflüsse in der Pupillenebene (93') radial und azimuthal verschoben werden können.

5. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Erfassen (21'-24') oder die Mittel zum Formen (31'-34') oder Ausblenden der erfaßten Lichtflüsse Lichtleiter (31'-34') enthalten.
6. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellmittel (541'-544') die Lage der Ausgänge der Lichtleiter (31'-34') verstellen.
7. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellmittel (541'-544') Teile der Spiegelanordnung (511'-533') verstellen.
8. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 4-7, dadurch gekennzeichnet, daß die Bilder der Lichtflüsse in der Pupillenebene (93') so dimensioniert sind, daß sie ohne Scanningbewegung geeignet sind für die symmetrische schiefe Beleuchtung oder für die konventionelle Beleuchtung.
9. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 4-8, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zum Verändern der Größe der Bilder der Lichtflüsse in der Pupillenebene vorgesehen sind.
10. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 4-9, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zum Verändern der Form der Lichtflüsse vorgesehen sind.
11. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 4-10, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtflüsse in Ringsegmentform gebracht werden.

94.09.74

13.05.94

12. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle ein Laser ist.
13. Beleuchtungseinrichtung für ein optisches System, insbesondere eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 1, 2 oder 3, mit zwei Axicons (22, 23), dadurch gekennzeichnet, daß die zwei Axicons (22, 23) im Strahlengang unmittelbar aufeinander folgen und ihr Abstand verstellbar ist, ein Axicon (22) konkav und ein zweites Axicon (23) konvex ist und die Spitzen der beiden Axicons (22, 23) in die gleiche Richtung weisen.
14. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Axicons (22, 23) soweit fertigungstechnisch machbar und funktionell wirksam gleichen Spitzenwinkel (α) haben.
15. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand (d23) der beiden Axicons (22, 23) bis zur Berührung reduziert werden kann.
16. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 13-15, dadurch gekennzeichnet, daß die Axicons (22, 23) konisch sind.
17. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 13-15, dadurch gekennzeichnet, daß die Axicons (22, 23) pyramidenförmig sind.
18. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1-17, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein Objektiv (2) mit Zoomfunktion enthält.
19. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1-18 mit einer Lichtquelle (1) in einem Fokus

94.09.74

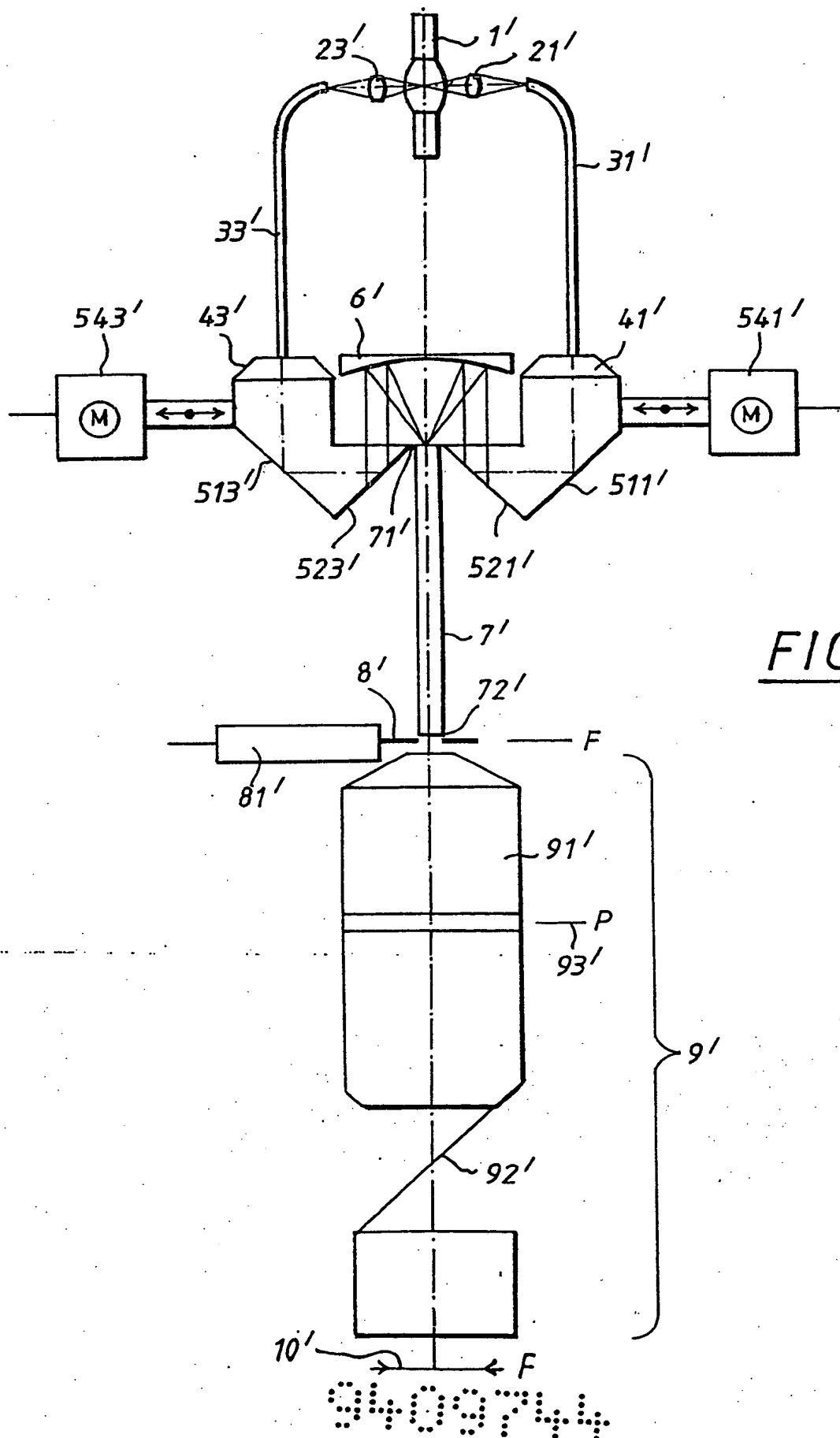
18.08.94

eines Lampenspiegels, dadurch gekennzeichnet, daß eine
eine sekundäre Lichtquelle bildende Blende (13) außerhalb
eines Fokus (121) des Lampenspiegels (12) angeordnet ist.

20. Beleuchtungsanordnung nach mindestens einem der Ansprüche
1-19, dadurch gekennzeichnet, daß das Reticle-
Maskierungssystem (51) schräg gestellte Blendenbleche
aufweist.

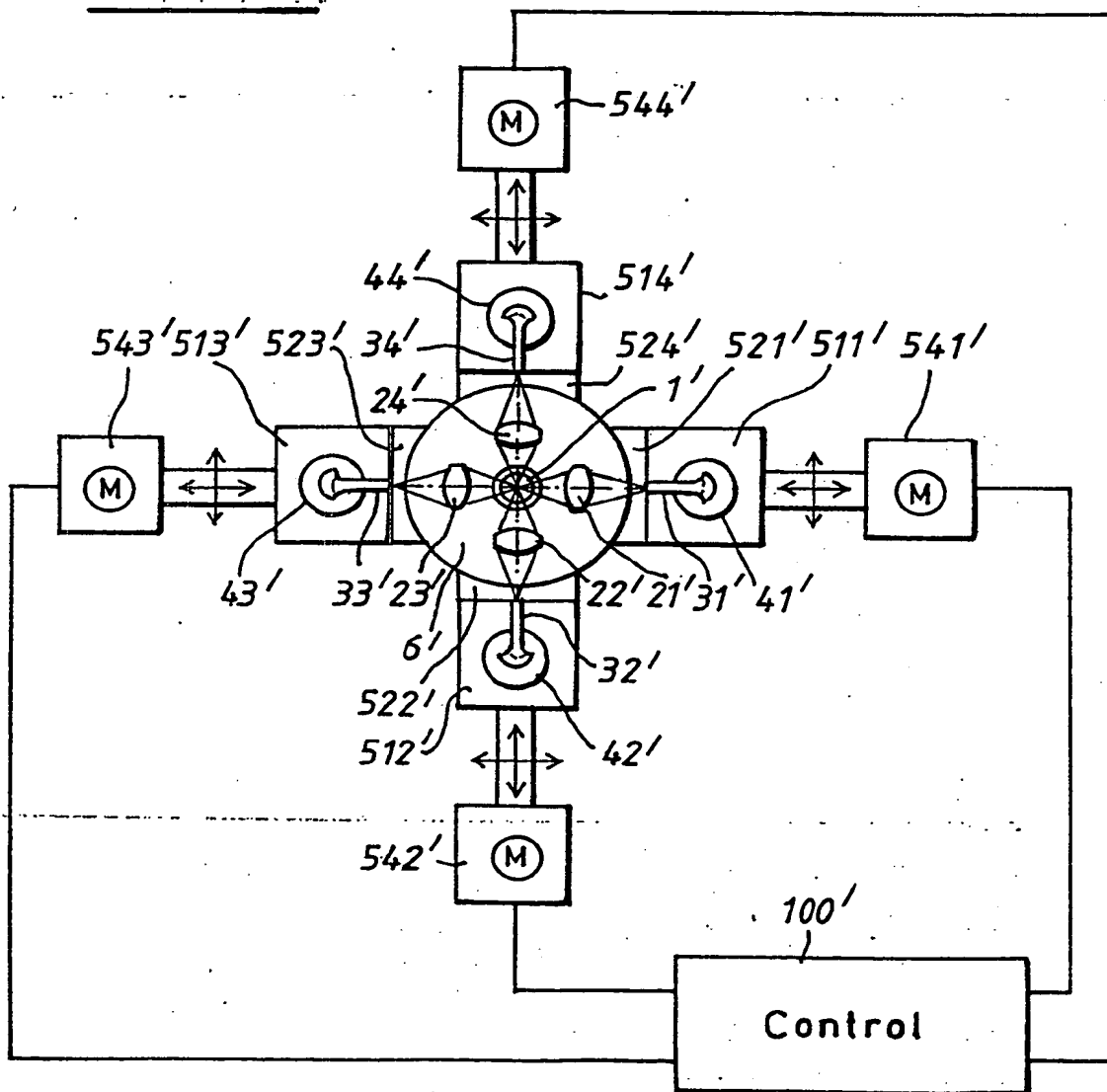
94.08.94

10-06-94



18-06-94

FIG. 2b



94-09744